

Научная статья

УДК 631.516

DOI: 10.55196/2411-3492-2026-1-51-68-75

## Комбинированная приствольная фреза для террасного сада

Артур Мухамедович Егожев<sup>✉1</sup>, Аскер Артурович Егожев<sup>2</sup>,  
Хасан Асланович Апхудов<sup>3</sup>

Кабардино-Балкарский государственный аграрный университет имени В. М. Кокова, проспект  
Ленина, 1в, Нальчик, Россия, 360030

<sup>✉1</sup>artyr-egozhev@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0002-4220-9107>

<sup>2</sup>egozhev2017@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-2977-7791>

<sup>3</sup>aphudov07@mail.ru, <https://orcid.org/0009-0007-0134-0444>

**Аннотация.** В условиях южных регионов России перспективным является освоение и ввод в оборот склоновых земель с благоприятными микроклиматом. Однако существующие способы механической обработки приствольных полос ограничивают использование склоновых земель под плодовые насаждения ввиду невозможности подхода к приствольной полосе с двух сторон. Применяемые в садах техника и технологии в условиях склоновых земель должны решать ряд ключевых задач, направленных на оптимизацию агрономических процессов. Важнейшими из них являются повышение аэрации почвы, разрушение дождевых каналов для эффективного стока воды, а также снижение энергетических и материальных затрат на единицу произведенной продукции. Для достижения этих целей необходимо разрабатывать и внедрять машины, которые обеспечивают полную механическую обработку почвы приствольной полосы за один проход. Это позволит не только сократить время и трудозатраты на обработку, но и улучшить состояние почвы, что, в свою очередь, положительно скажется на урожайности. Следовательно, разработка и внедрение новых механизмов и машин для полной механической обработки с одновременным внесением минеральных удобрений в приствольную полосу за один проход являются актуальными. В настоящем исследовании предлагается двухроторная комбинированная садовая фреза, конструктивная особенность которой позволяет произвести обход штамба дерева полностью за один проход по ряду.

**Ключевые слова:** двухроторная фреза, приствольная полоса, механическая обработка, штамп дерева, терраса

**Для цитирования:** Егожев А. М., Егожев А. А., Апхудов Х. А. Комбинированная приствольная фреза для террасного сада // Известия Кабардино-Балкарского государственного аграрного университета им. В. М. Кокова. 2026. № 1(51). С. 68–75. DOI: 10.55196/2411-3492-2026-1-51-68-75

Original article

## Combined barrel milling cutter for terraced garden

Artur M. Egozhev<sup>✉1</sup>, Asker A. Egozhev<sup>2</sup>, Khasan A. Apkhudov<sup>3</sup>

Kabardino-Balkarian State Agricultural University named after V.M. Kokov, 1v Lenin Avenue,  
Nalchik, Russia, 360030

<sup>✉1</sup>artyr-egozhev@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0002-4220-9107>

<sup>2</sup>egozhev2017@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-2977-7791>

<sup>3</sup>aphudov07@mail.ru, <https://orcid.org/0009-0007-0134-0444>

**Abstract.** In the conditions of the southern regions of Russia, the development and commissioning of sloping lands with a favorable microclimate is promising. Using lands for fruit plantations significantly limits the methods of mechanical processing of trunk strips, since it becomes necessary to approach the trunk strip from one side. The techniques and technologies used in gardens in conditions of sloping lands should solve a number of key tasks aimed at optimizing agronomic processes. The most important of these are increased soil aeration, the destruction of rain channels for efficient water flow, as well as reducing energy and material costs per unit of production. To achieve these goals, it is necessary to develop and implement machines that provide complete mechanical tillage of the trunk strip in one pass. This will not only reduce the time and labor required for processing, but also improve the condition of the soil, which in turn will have a positive effect on yields. Therefore, the development and implementation of new mechanisms and machines for complete mechanical processing with simultaneous application of mineral fertilizers to the trunk strip in one pass is relevant. A two-rotor combined garden milling cutter is proposed, the design feature of which allows bypassing the tree trunk completely in one pass along the row.

**Keywords:** two-rotor milling cutter, barrel strip, mechanical processing, tree stalk, terrace

**For citation:** Egozhev A.M., Egozhev A.A., Apkhudov K.A. Combined barrel milling cutter for terraced garden. *Izvestiya of Kabardino-Balkarian State Agrarian University named after V.M. Kokov.* 2026;(51):68–75. (In Russ.). DOI: 10.55196/2411-3492-2026-1-51-68-75

**Введение.** В Российской Федерации наблюдается дефицит плодов, который составляет примерно 2 миллиона тонн в год. Кабардино-Балкарская Республика (КБР) занимает важное место на отечественном рынке фруктов. В отличие от многих других секторов агропромышленного комплекса, садоводство в КБР стало настоящим двигателем экономического роста и визитной карточкой региона [1].

С введением продовольственного эмбарго в 2014 году открылся ряд новых возможностей для увеличения объемов производства и захвата доли Российского рынка, которая ранее была преимущественно заполнена импортными товарами [1–3]. До 71% территории КБР располагается в северной и центральной части большого Кавказа и на охватываемой равнине, занятой возвышенностями и горными хребтами [4]. Поддержка садоводов республики, работающих в горных и предгорных районах, осуществляется за счет средств областного и федерального бюджетов.

За последнее десятилетие на обширных территориях горных склонов созданы искусственные сады, также планируется дальнейшая поддержка садоводов путем закладки садов на площади более 6000 га [3].

Террасирование как метод создания ступенчатых площадок для посадки деревьев становится все более актуальным. Данный подход не только способствует эффективно-му использованию земельных ресурсов, но

и помогает предотвратить эрозию почвы, что особенно важно в горных районах [5].

Основной парк машин и орудий, используемых для равнинного садоводства, не подходит для полной обработки приствольных полос из-за невозможности подхода техники с обеих сторон вдоль линии ряда. Низкоэффективной является также прополка приствольной полосы из-за больших затрат физической силы и времени на обработку. Ведение садоводства в условиях склоновых земель существенно усложняет применение традиционных средств механизации, при этом повышаются требования к содержанию почв.

Применяемые в садах техника и технологии в условиях склоновых земель должны решать ряд ключевых задач, направленных на оптимизацию агрономических процессов. Важнейшими из них являются повышение аэрации почвы, разрушение дождевых каналов для эффективного стока воды, а также снижение энергетических и материальных затрат на единицу произведенной продукции [6, 7]. Для достижения этих целей необходимо разрабатывать и внедрять машины, которые обеспечивают полную механическую обработку почвы приствольной полосы за один проход. Это позволит не только сократить время и трудозатраты на обработку, но и улучшить состояние почвы, что, в свою очередь, положительно скажется на урожайности плодовых культур.

**Цель исследования** – обоснование конструктивно-технологических параметров и разработка комбинированной садовой фрезы для полной обработки приствольных полос с одновременным внесением минеральных удобрений в условиях террасы.

**Задачи исследования:**

– разработать новую конструкцию комбинированной двухроторной фрезы для полной механической обработки приштамбовой зоны и внесения удобрений за один проход;

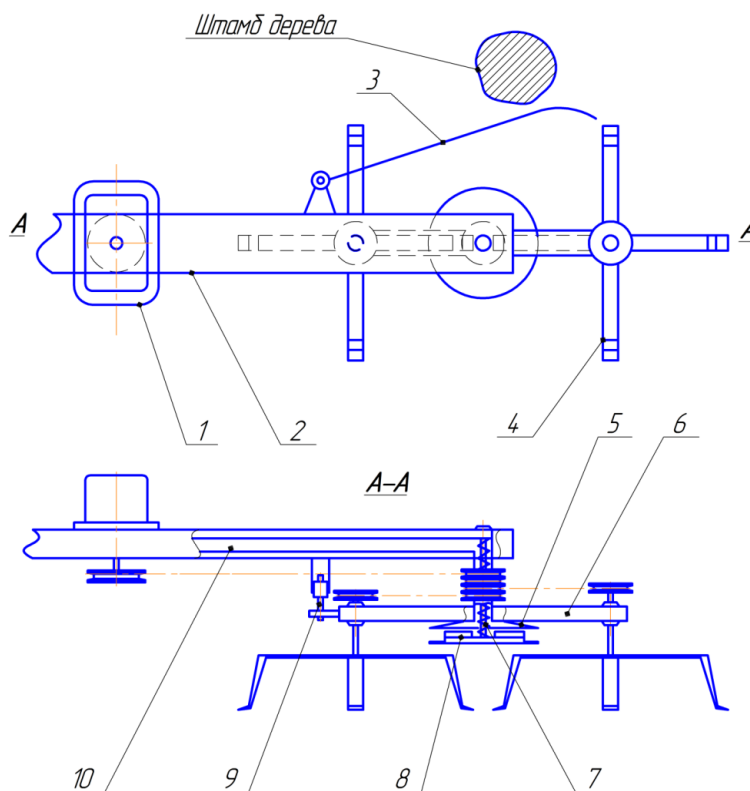
– теоретически обосновать оптимальные конструктивно-технологические параметры предлагаемой конструкции комбинированной фрезы.

**Материалы, методы и объекты исследования.** *Объект исследования:* процесс обхода рабочим органом комбинированной фрезы вокруг штамба дерева, опытный образец фрезы для обработки приштамбовой зоны и внесения удобрений на террасированных склонах. *Методы исследования:* теоретические исследования проводились с использованием существующих законов теоретической механики и математического анализа.

**Результаты исследования.** Для молодых плодоносящих деревьев удобрения следует вносить в приствольный круг или его зону, которая расширяется за пределы корней и составляет примерно на 50% больше проекции кроны. У взрослых деревьев пределы приствольного круга совпадают с границами их кроны [5]. Объем удобрений, который необходимо вносить, зависит от возраста сада, состояния почвы и ранее примененных минеральных или органических удобрений. В среднем рекомендуется использовать 4–6 кг органических удобрений и 0,5–1 кг минеральных удобрений на квадратный метр приствольной зоны дерева каждый год.

При условии регулярного внесения достаточного количества органических удобрений дозу минеральных можно уменьшить вдвое.

Представляем двухроторную комбинированную садовую фрезу, конструктивная особенность которой заключается в возможности полного обхода штамба дерева за один проход по ряду [8] (рис. 1).



**Рисунок 1.** Двухроторная комбинированная садовая фреза (пат. № 229082)  
**Figure 1.** Twin-rotor combination garden tiller (Patent No. 229082)

Данная машина разработана для работы с тракторами класса 0,6–1,4 и подходит как для тяжелых, так и для средних по структуре почв [9].

Расположение двух фрезерных роторов вместе с центробежным разбрасывателем удобрений, установленным на приводном валу, обеспечивает эффективную обработку зоны вокруг штамба дерева. Это достигается благодаря действию силы реакции ножей фрезы на почву, позволяющему выполнить полную обработку за один проход агрегата и одновременно вносить минеральные удобрения.

Во время работы агрегата фрезерные роторы расположены по одну сторону от линии ряда. Поворотный фрезерный брус удерживается от свободного вращения специальным механизмом управления 9, который взаимодействует с сигнальным щупом 3. При функционировании роторов удобрение равномерно распределяется по поверхности почвы, с помощью центробежного разбрасывателя одновременно заделываясь в почву ножами фрезы. Подача удобрения на разбрасыватель

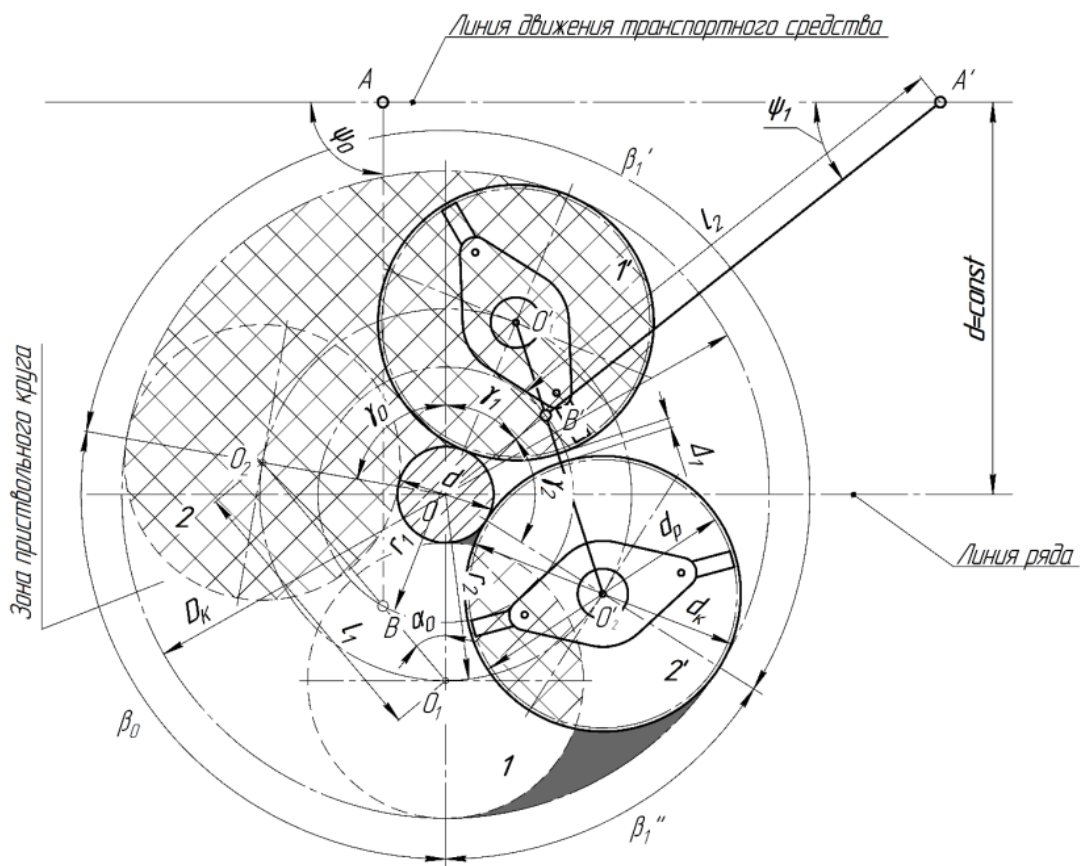
осуществляется через вертикальный винтовой шнек, расположенный на одной оси с разбрасывателем.

Когда агрегат приближается к дереву, щуп 3 соприкасается со штамбом, отклоняется и активирует механизм управления поворотным брусом. В результате поворотный брус с двумя фрезерными роторами под действием сил реакции ножей начинает вращаться относительно центральной оси. Это вращение достигает 180 градусов, полностью обрабатывая зону вокруг штамба дерева.

После схода сигнального щупа 3 со штамба дерева поворотный брус фиксируется механизмом управления 9 в рабочем положении, обрабатывая приствольную полосу на всю ширину до следующего штамба.

После соприкосновения щупа со следующим штамбом процесс повторяется полностью.

На рисунке 2 приводится показатель качества работы двухроторной комбинированной фрезы.



**Рисунок 2.** Конструктивно-технологическая схема фрезы на первом этапе при  $l_{AB} = const$   
**Figure 2.** Structural and technological diagram of the cutter at the first stage with  $l_{AB} = const$

Полнота фрезерованной вокруг штамба площади  $S_o$ , % – это отношение площади, обработанной полностью вокруг штамба, к площади, подлежащей обработке:

$$S_o = \frac{S_o}{S_o + S_H} \cdot 100, \quad (1)$$

где

$S_o$  – площадь приствольного круга, обработанная фрезерными роторами, м<sup>2</sup>;

$S_H$  – площадь приствольного круга, не обработанная фрезерными роторами м<sup>2</sup>.

Эффективность работы фрезы обеспечивается при соблюдении следующего условия:

$$S_o = S_k, \quad (2)$$

где

$S_k$  – площадь приствольного круга, м<sup>2</sup>.

Площадь приствольного круга, обрабатываемая роторами, определяется по формуле:

$$S_1 = \frac{\pi(R^2 - r^2)}{360} \cdot \beta + \pi r_p^2, \quad (3)$$

где

$R = 0,5D_k$  – радиус наружной точки режущей кромки ножа, м;

$r = 0,5d$  – радиус по внутренней точке режущей кромки ножа, м;

$r_p = 0,5d_p$  – радиус ротора с режущими сегментами, м;

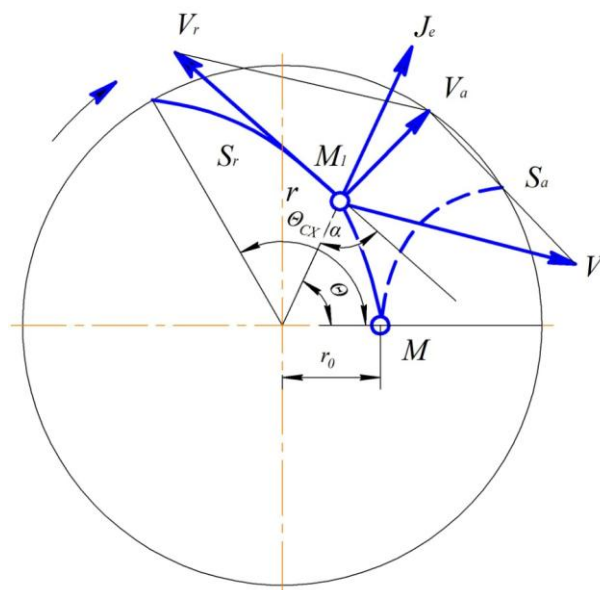
$\beta$  – угол обхода роторами приствольного круга, град.

Обработка площади вокруг штамба дерева определяется геометрическими характеристиками деталей выносной поворотной секции, включая диаметр фрезерных роторов, а также величиной обхвата приствольной зоны.

Работа центробежного устройства для разбрасывания удобрений происходит в два основных этапа. На первом этапе частицы располагаются на рабочей поверхности диска. Второй этап начинается, когда частицы достигают необходимой скорости вращения, покидают диск и начинают свободно перемещаться до соприкосновения с почвой.

Чтобы частица оставалась на поверхности диска, центробежная сила должна быть равной или превышать силу трения. Рассмотрим движение частиц, имеющих массу  $m$ , по поверхности равномерно вращающегося диска с начальной скоростью, равной нулю (рис. 3). В данном случае на каждую частицу дейст-

вуют силы в плоскости диска: сила трения  $F$  и центробежная сила  $J_e$ , возникающая в результате вращения [10].



**Рисунок 3.** Схема движения частицы по гладкому вращающемуся диску ротора фрезы  
**Figure 3.** Diagram of particle movement on a smooth rotating disc of a milling cutter rotor

Когда частицы достигают необходимой скорости и покидают поверхность диска, они начинают свободный полет. На этом этапе на частицы действуют только силы тяжести и сопротивления воздуха. Движение частиц можно описать с помощью уравнений движения, учитывающих начальную скорость и угол, под которым частицы покидают диск.

В процессе работы центробежного аппарата важно учитывать взаимодействие сил, действующих на частицы, как на поверхности диска, так и в свободном полете. Это позволит оптимизировать процесс обработки почвы, обеспечивая равномерное распределение частиц и эффективное внесение удобрений.

Точка М на диске обладает окружной скоростью  $v_e = r_0\omega$ , которую частица может достичь мгновенно при условии, что сила трения достаточна для удержания частицы в состоянии относительного покоя. В этом случае уравнение равновесия можно записать как:

$$J_e - F = 0. \quad (4)$$

Таким образом, условие для поддержания относительного покоя частицы можно выразить в виде неравенства:

$$f \geq \frac{r_0 \omega^2}{g};$$

минимальное число оборотов диска определится из выражения [9]:

$$\omega = \sqrt{\frac{fg}{r_0}} = \frac{\pi n_{min}}{30};$$

откуда

$$n_{min} = \frac{30}{\pi} \sqrt{\frac{fg}{r_0}}, \quad (5)$$

где

$f$  – коэффициент трения между туком о диском;

$g$  – ускорение свободного падения м/с<sup>2</sup>;

$r_0$  – расстояние от центра диска до точки М, где происходит подача тока, м.

При уменьшении числа оборотов диска частицы удобрения теряют способность перемещаться по его поверхности, что приводит к потере функции центрифуги.

Кинематические особенности движения частиц по спиралевидной траектории: когда частица отстает от диска, она начинает двигаться по спиралевидной траектории, описываемой логарифмической спиралью. Это происходит из-за недостатка силы трения, которая не может удержать частицу на поверхности диска. После того как частица покидает диск, на нее начинают действовать силы тяжести и сопротивления воздуха, что влияет на ее дальнейшее движение и траекторию. Понимание кинематики движения частиц, рассеивающихся с вращающегося диска, позволяет оптимизировать процессы внесения удобрений и других материалов в почву.

При вращении диска с угловой скоростью  $\omega$  частица материала, находящаяся в точке М, будет перемещаться по поверхности диска с линейной скоростью  $v_r$  и через некоторое

время достигнет точки М<sub>1</sub>. Если сила трения окажется недостаточной для удержания частицы на месте, она начнет отставать от диска, описывая спиралевидную траекторию S<sub>r</sub>. П. М. Василенко предложил описывать эту кривую как логарифмическую спираль, уравнение которой имеет следующий вид:

$$r = r_0 e^{a\theta}, \quad (6)$$

где

$r$  и  $\theta$  – текущие полярные координаты;

$a = \text{ctg} \alpha = \text{const}$  (при этом  $\alpha$  – угол между касательной к спирали и радиусом  $r$ , близкий к прямому).

Таким образом, логарифмическая спираль описывает математически движения частиц, которые не в состоянии оставаться на поверхности диска при заданной скорости вращения.

**Выводы.** Изготовлен опытный образец комбинированной фрезы для обработки приствольной полосы с одновременным внесением минеральных удобрений для проведения производственных испытаний.

Исследования показали, что при механической обработке приствольных полос с помощью поворотной фрезерной секции требуется соблюдение определенных размеров защитной зоны и штампа по линии ряда. Этого можно достичь при соотношении окружной и поступательной скоростей рабочих органов, равном  $K=4,8$ .

Механическая обработка приствольной полосы плодовых насаждений, осуществляемая с одновременным внесением минеральных удобрений, происходит за один проход агрегата вдоль ряда. При этом качество обработки приствольных полос соответствует агрономическим требованиям, что обеспечивает оптимальные условия для роста и развития растений.

### Список литературы

1. Горное и предгорное садоводство требует кластерного подхода [Электронный ресурс]. URL: <https://nalchik.bezformata.com/listnews/gornoe-i-predgornoe-sadovodstvo/48751567/> (дата обращения: 28.01.2021).
2. Высокопродуктивные и экологически чистые технологии и технические средства по уходу за плодовыми насаждениями в горном садоводстве Кабардино-Балкарской Республики / А. К. Апажев, Ю. А. Шекихачев, Л. М. Хажметов [и др.]. Нальчик: КБГАУ, 2022. 187 с. EDN: BVIEYK

3. Райские сады на склоновых землях [Электронный ресурс]. URL: <https://nalchik.bezformata.com/listnews/rajskie-sadi-na-sklonovih-zemlyah/69534582/> (дата обращения: 12.03.2020).
4. Шомахов Л. А. Технологические и технические решения механизации возделывания плодовых культур на террасированных склонах: дисс. ... д-ра техн. наук (в виде научного доклада). Москва, 1996. 92 с.
5. Бакуев Ж. Х. Интенсификация садоводства КБР путем создания оптимальных типов и конструкций плодовых насаждений короткого цикла эксплуатации // Сборник завершенных научных работ в области АПК, рекомендуемых для внедрения в производство. Нальчик, 2006. С. 38–40.
6. Машина для обработки приствольных полос интенсивного сада на склоновых землях / А. К. Апажев, А. М. Егожев, Е. А. Полищук [и др.] // Сельский механизатор. 2024. № 6. С. 8–9. DOI: 10.47336/0131-7393-2024-6-8-9. EDN: ETWHNI
7. Двухроторный агрегат для обработки приствольных полос интенсивного сада / А. К. Апажев, А. М. Егожев, А. А. Егожев [др.] // Научные достижения и инновационные подходы в АПК: сб. науч. тр. по материалам Международной научно-практической конференции. Нальчик: КБГАУ, 2024. С. 43–46.
8. Патент 229082 Российская Федерация, МПК А01В 39/16. Комбинированная двухроторная садовая фреза / А. М. Егожев, А. К. Апажев, М. Х. Мисиров, Е. А. Полищук, А. А. Егожев, Х. А. Апхудов; заявитель ФГОУ ВО «Кабардино-Балкарский государственный аграрный университет имени В. М. Кокова». № 2024119255; заявл. 10.07.2024; опубл. 20.09.2024; Бюл. № 26.
9. Синекоков Г. Н., Панов И. М. Теория и расчет почвообрабатывающих машин. Москва: Машиностроение, 1977. 328 с.
10. Сельскохозяйственные машины / Б. Г. Турбин, А. Б. Лурье, С. М. Григорьев [и др.]; под редакцией профессора Б. Г. Турбина. Ленинград: Машиностроение, 1967. 578 с.

#### References

1. Mountain and foothill gardening requires a cluster approach [Electronic resource]. URL: <https://nalchik.bezformata.com/listnews/gornoe-i-predgornoe-sadovodstvo/48751567/> (accessed 28.01.2021). (In Russ.)
2. Apazhev A.K., Shekihachev Yu.A., Khazhmetov L.M. [et al.]. *Vysokoproduktivnyye i ekologicheski chistyye tekhnologii i tekhnicheskie sredstva po uhodu za plodovymi nasazhdeniyami v gornom sadovodstve Kabardino-Balkarskoj Respubliki* [Highly productive and environmentally friendly technologies and technical means for the care of fruit plantations in mountain horticulture of the Kabardino-Balkarian Republic]. Nalchik: KBGAU, 2022. 187 p. (In Russ.). EDN: BVIEYK
3. Paradise gardens on sloping lands [Electronic resource]. URL: <https://nalchik.bezformata.com/listnews/rajskie-sadi-na-sklonovih-zemlyah/69534582/> (accessed: 12.03.2020). (In Russ.)
4. Shomakhov L.A. *Tekhnologicheskie i tekhnicheskie resheniya mekhanizacii vozdeleyvaniya plodovykh kul'tur na terrasirovannykh sklonah: diss. ... d-ra tekhn. nauk (v vide nauchnogo doklada)* [Technological and technical solutions for the mechanization of cultivation of fruit crops on terraced slopes: diss. ... Doctor of Technical Sciences (in the form of a scientific report)]. Moscow, 1996. 92 p. (In Russ.)
5. Bakuev Zh.Kh. Intensification of horticulture in the KBR by creating optimal types and designs of short-cycle fruit plantings. *Sbornik zavershennykh nauchnykh rabot v oblasti APK, rekomenduemykh dlya vnedreniya v proizvodstvo* [Collection of completed scientific papers in the field of agro-industrial complex, recommended for implementation in production]. Nalchik, 2006. Pp. 38–40. (In Russ.)
6. Apazhev A.K., Egozhev A.M., Polishchuk E.A. [et al.]. Machine for processing trunk strips of intensive garden on sloping lands. *Sel'skij mekhanizator*. 2024;(6):8–9. DOI: 10.47336/0131-7393-2024-6-8-9. (In Russ.). EDN: ETWHNI
7. Apazhev A.K., Egozhev A.M., Egozhev A.A. [et al.] Two-rotor unit for processing tree trunk strips of an intensive orchard. *Nauchnye dostizheniya i innovacionnye podhody v APK: sb. nauch. tr. po materialam Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konfe-rencii* [Scientific achievements and innovative approaches in the agro-industrial complex: collection of scientific papers based on the materials of the International scientific and practical conference]. Nalchik: KBGAU, 2024. Pp. 43–46. (In Russ.)
8. Patent 229082 Russian Federation, IPC A01B 39/16. Combined two-rotor garden cutter. A.M. Egoev, A.K. Apazhev, M.Kh. Misirov, E.A. Polishchuk, A.A. Egozhev, Kh.A. Apkhudov; applicant FGOU VO «Kabardino-Balkarskij gosudarstvennyj agrarnyj universitet imeni V.M. Kokova». No. 2024119255; declared 10.07.2024; published 20.09.2024; Bull. No 26. (In Russ.)
9. Sineokov G.N., Panov I.M. *Teoriya i raschet pochvoobrabatyvayushchih mashin* [Theory and calculation of tillage machines]. Moscow: Mashinostroenie, 1977. 328 p.

10. Turbin B.G., Lurye A.B., Grigoriev S.M. [et al.] *Sel'skohozyajstvennyye mashiny; pod redakciej professora B.G. Turbina*. [Agricultural machinery; edited by Professor B.G. Turbin]. Leningrad: Mashinostroenie, 1967. 578 p. (In Russ.)

---

#### Сведения об авторах

**Егожев Артур Мухамедович** – доктор технических наук, доцент, профессор кафедры технической механики и физики, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Кабардино-Балкарский государственный аграрный университет имени В. М. Кокова», SPIN-код: 3010-1715, Scopus ID: 6505576211, Researcher ID: AAB-3748-2020

**Егожев Аскер Артурович** – ассистент кафедры энергообеспечения предприятий, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Кабардино-Балкарский государственный аграрный университет имени В. М. Кокова», SPIN-код: 5389-1457

**Апхудов Хасан Асланович** – аспирант кафедры технической механики и физики, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Кабардино-Балкарский государственный аграрный университет имени В. М. Кокова», SPIN-код: 1826-9820

#### Information about the authors

**Artyr M. Egozhev** – Doctor of Technical Sciences, Associate Professor, Professor of the Department of Technical Mechanics and Physics, Kabardino-Balkarian State Agricultural University named after V.M. Kokov, SPIN-code: 3010-1715, Scopus ID: 6505576211, Researcher ID: AAB-3748-2020

**Asker A. Egozhev** – Assistant Department of the energy supply of enterprises, Kabardino-Balkarian State Agricultural University named after V.M. Kokov, SPIN-code: 5389-1457

**Khasan A. Apkhudov** – Postgraduate student of the Department of Technical Mechanics and Physics, Kabardino-Balkarian State Agricultural University named after V.M. Kokov, SPIN-code: 1826-9820

---

**Авторский вклад.** Все авторы принимали непосредственное участие в планировании, выполнении и анализе данного исследования. Все авторы ознакомились и одобрили окончательный вариант статьи.

**Author's contribution.** All authors have directly participated in the planning, execution and analysis of this study. All authors have read and approved the final version of this article.

**Конфликт интересов.** Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

**Conflict of interest.** The authors declare no conflict of interest.

---

*Статья поступила в редакцию 07.11.2025;  
одобрена после рецензирования 14.01.2026;  
принята к публикации 21.01.2026.*

*The article was submitted 07.11.2025;  
approved after reviewing 14.01.2026;  
accepted for publication 21.01.2026.*